

S1 1 'PN="JP 11219902"
?t 1/5/1

1/5/1
DIALOG(R) File 351:Derwent WPI
(c) 2001 Derwent Info Ltd. All rts. reserv.

012521430 **Image available**
WPI Acc No: 1999-327536/199927
XRPX Acc No: N99-245642

Exposure apparatus for semiconductor manufacture

Patent Assignee: NIKON CORP (NIKR)
Inventor: MAGOME N; NISHIKAWA J
Number of Countries: 083 Number of Patents: 007
Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
WO 9925010	A1	19990520	WO 98JP5073	A	19981111	199927 B
AU 9910518	A	19990531	AU 9910518	A	19981111	199941
JP 11219902	A	19990810	JP 98324901	A	19981116	199942
EP 1030351	A1	20000823	EP 98953012	A	19981111	200041
			WO 98JP5073	A	19981111	
JP 2001093796	A	20010406	JP 97310439	A	19971112	200126
JP 2001093797	A	20010406	JP 97356680	A	19971225	200126
KR 2001031972	A	20010416	KR 2000705082	A	20000510	200163

Priority Applications (No Type Date): JP 97356680 A 19971225; JP 97310439 A 19971112; JP 97326363 A 19971127

Patent Details:

Patent No Kind Lan Pg Main IPC Filing Notes

WO 9925010 A1 J 65 H01L-021/027

Designated States (National): AL AM AT AU AZ BA BB BG BR BY CA CH CN CU CZ DE DK EE ES FI GB GD GE GH GM HR HU ID IL IS KE KG KR KZ LC LK LR LS LT LU LV MD MG MK MN MW MX NO NZ PL PT RO RU SD SE SG SI SK SL TJ TM TR TT UA UG US UZ VN YU ZW

Designated States (Regional): AT BE CH CY DE DK EA ES FI FR GB GH GM GR IE IT KE LS LU MC MW NL OA PT SD SE SZ UG ZW

AU 9910518 A Based on patent WO 9925010

JP 11219902 A 16

EP 1030351 A1 E H01L-021/027 Based on patent WO 9925010

Designated States (Regional): AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE

JP 2001093796 A 6 H01L-021/027

JP 2001093797 A 7 H01L-021/027

KR 2001031972 A H01L-021/027

Abstract (Basic): WO 9925010 A1

NOVELTY - An illuminating system applies an energy beam to a mask on which a transfer pattern is formed, and a stage system positions the substrate on which the mask pattern is transferred. A gas supply unit is provided in at least part of the optical path of the exposure beam. A unit is provided for recovery of at least part of the gas diffused after it has been supplied to the optical path of the exposure beam. The gas has high permeability to the exposure beam and also has high thermal conductivity.

USE - In semiconductor manufacture.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The drawing shows the exposure apparatus.

laser beam source (3)
sub chamber (6)
environment chamber (7)
wafer (W)
pp; 65 DwgNo 1/10

Title Terms: EXPOSE; APPARATUS; SEMICONDUCTOR; MANUFACTURE

Derwent Class: P84; U11

International Patent Class (Main): H01L-021/027

International Patent Class (Additional): G03F-007/20

File Segment: EPI; EngPI

(51) IntCl.⁶

識別記号

F I

H 0 1 L 21/027

H 0 1 L 21/30

5 1 6 F

G 0 3 F 7/20

5 2 1

G 0 3 F 7/20

5 2 1

審査請求 未請求 請求項の数16 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願平10-324901

(22) 出願日 平成10年(1998)11月16日

(31) 優先権主張番号 特願平9-326363

(32) 優先日 平9(1997)11月27日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 馬込 伸貴

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

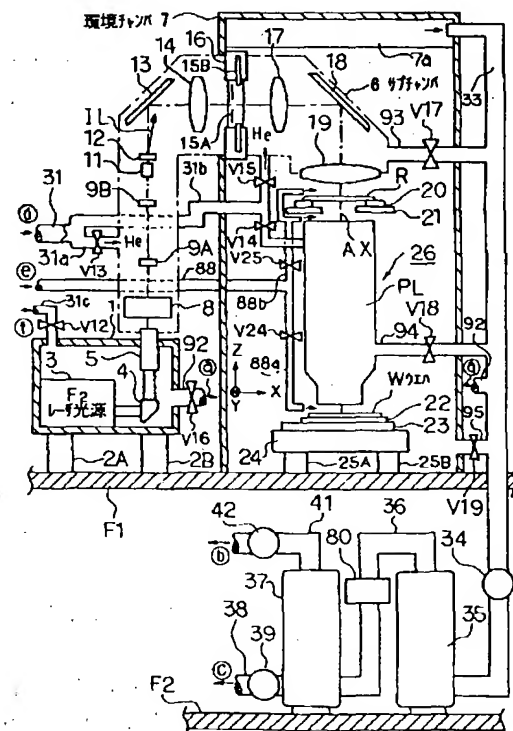
(74) 代理人 弁理士 大森 聡

(54) 【発明の名称】 露光装置及びデバイス製造装置

(57) 【要約】

【課題】 露光光の光路の少なくとも一部に高透過率（不活性）で熱伝導率が良好な気体を供給する場合に、その気体の使用量を抑制する。

【解決手段】 床F1上の環境チャンバ7内に露光本体部26が設置され、外部のF1、レーザ光源3を収納するカバー1から環境チャンバ7の内側までの照明光学系の大部分がサブチャンバ6で覆われている。階下の床F2上の所定のボンベ内の高純度のヘリウムガスを配管31を介してサブチャンバ6、及び露光本体部26の投影光学系PL内に供給し、環境チャンバ7の天井近傍に集まるヘリウムガスと、主に窒素よりなる空気成分との混合気体を配管33を介して階下の集塵排水装置35に導き、集塵排水装置35を通過した混合気体を冷凍装置37に通して液化した空気成分を所定のボンベに回収し、気体のままのヘリウムを配管41、混合温調装置、及び配管31を介して再循環させる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 転写用のパターンが形成されたマスクに露光エネルギービームを照射する照明系と、前記マスクのパターンが転写される基板を位置決めするステージ系と、を有する露光装置において、前記露光エネルギービームの光路の少なくとも一部に、前記露光エネルギービームに対する透過率が高く、かつ熱伝導率の良好な気体を供給する気体供給装置と、前記気体供給装置から前記露光エネルギービームの光路上に供給された後に前記気体の少なくとも一部を回収する気体回収装置と、を備えたことを特徴とする露光装置。

【請求項2】 前記気体はヘリウムであることを特徴とする請求項1記載の露光装置。

【請求項3】 前記気体回収装置は、複数の露光装置で共用されることを特徴とする請求項1、又は2記載の露光装置。

【請求項4】 前記気体回収装置で回収された前記気体を前記気体供給装置の少なくとも一部を介して前記露光エネルギービームの光路上に再循環させることを特徴とする請求項1、2、又は3記載の露光装置。

【請求項5】 前記気体供給装置は、前記気体回収装置から供給される前記気体の濃度を計測する濃度計と、前記気体が気体の状態、又は液化された状態で封入された気体源と、前記濃度計の計測結果に応じて前記気体源からの気体を前記気体回収装置から供給される気体に補充する制御部と、を有することを特徴とする請求項4記載の露光装置。

【請求項6】 前記気体供給装置は、前記気体を液化保存、又は高压保存する気体源と、該気体源内の液化ガス、又は高压ガスを前記気体に戻す変換装置と、前記気体源から前記気体が前記露光装置に供給される前に前記気体の温度及び圧力を調整する調整装置と、を有することを特徴とする請求項1～4の何れか一項記載の露光装置。

【請求項7】 前記気体回収装置は、前記回収した気体を液化、又は高压化して保存することを特徴とする請求項1～6の何れか一項記載の露光装置。

【請求項8】 請求項1記載の露光装置を含む複数の露光装置を有し、該複数の露光装置で複数のデバイスパターンを露光対象の基板上に重ね合わせて転写してマイクロデバイスを製造することを特徴とするデバイス製造装置。

【請求項9】 前記少なくとも一部の光路内に供給される前記気体の清浄度に関する情報を検出するセンサを更に備え、前記検出される情報に応じて前記気体の供給及びその停止を制御することを特徴とする請求項1～6の

何れか一項記載の露光装置。

【請求項10】 前記回収された気体を、前記気体供給装置の少なくとも一部を介して前記露光エネルギービームの光路に供給し、前記回収された気体の流路内に前記センサを配置することを特徴とする請求項9記載の露光装置。

【請求項11】 前記露光エネルギービームの光路に配置される少なくとも1つの光学素子が収納される気密室内に前記気体を供給することを特徴とする請求項1～6、9、10の何れか一項記載の露光装置。

【請求項12】 前記照明系は前記露光エネルギービームを発生する光源を含み、前記気密室は前記照明系の少なくとも一部に設けられることを特徴とする請求項11記載の露光装置。

【請求項13】 前記気密室は、前記光源の光学素子が収納される第1気密室と、前記光源と前記マスクとの間に配置される光学素子が収納される第2気密室とを含むことを特徴とする請求項12記載の露光装置。

【請求項14】 前記露光エネルギービームを前記基板上に投射する投影光学系を更に備え、前記投影光学系を構成する複数の光学素子の少なくとも1つを前記気密室内に配置することを特徴とする請求項11又は12記載の露光装置。

【請求項15】 前記気密室の少なくとも一部が収納される筐体と、前記筐体内に第2気体を供給する第2気体供給装置とを更に備えることを特徴とする請求項11～14の何れか一項記載の露光装置。

【請求項16】 前記筐体を前記気体回収装置に接続して、前記第2気体を回収することを特徴とする請求項15記載の露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、例えば半導体素子、液晶表示素子、撮像素子、又は薄膜磁気ヘッド等のマイクロデバイスを製造するためのリソグラフィ工程でマスクパターンを基板上に転写するために使用される露光装置に関し、特に波長200nm程度以下の真空紫外域(VUV)の露光光を使用する場合に使用して好適なものである。

【0002】

【従来の技術】例えば半導体デバイスを製造する際に使用されるステッパー等の露光装置においては、半導体デバイスの集積度及び微細度の向上に対応するため、特に解像力を高めることが要求されている。その解像力は、ほぼ露光光の波長に比例するため、従来より露光波長は次第に短波長化されている。即ち、露光光は水銀ランプの可視域のg線(波長436nm)から紫外域のi線(波長365nm)へと代わり、最近ではKrFエキシマレーザ光(波長248nm)が使用されるようになってきている。そして、現在は、ArFエキシマレーザ光(波

長193nm)、F₂ レーザ光(波長157nm)、更にはAr₂ レーザ光(波長126nm)の使用が検討されている。更に、従来からのX線リソグラフィの研究によって、いわゆる極端紫外(EUV、又はXUV)域の殆どX線に近い波長13nm、11nm、又は7nm等の光、更には波長1nm程度のX線等の使用も検討されている。

【0003】しかし、ArFエキシマレーザ光程度以下の波長域、即ちほぼ200nm程度以下の真空紫外域(VUV)では、空気中の酸素による吸収が起こってオゾンが発生し、透過率が低下してしまう。そこで、例えばArFエキシマレーザ光を使用する露光装置では、露光光の光路の大部分の気体を窒素で置き換える、いわゆる窒素パージが行われる。更に、F₂ レーザ程度以下の波長域では窒素でも吸収がある。この場合、窒素を通過する領域がごく狭い領域であれば、その吸収量は少なく露光には支障があまりないが、長い光路では光量が減少して適正な露光量が得られなくなる。そこで、ArFエキシマレーザの波長よりも短い波長域(190nm程度以下)、特にF₂ レーザの波長程度以下の波長域の光を使用する場合には、その光の光路の大部分をその光を透過する別の気体(窒素以外の不活性ガス)で置き換えるか、又は真空にする必要がある。

【0004】一方、露光光が照明光学系、及び投影光学系中のレンズやミラー等の光学素子を通過する際に、これらの光学素子においても熱エネルギーの吸収がある。このように吸収される熱エネルギーによって光学素子が熱膨張すると、倍率変化や焦点ずれ等の結像性能の劣化を招くことになる。そこで、このような結像性能の劣化を防止するために、従来より所定のレンズ間の空間内に温度制御された気体を流したり、レンズの側面やミラーの裏面等を空冷、又は液冷したりする廃熱処理が行われている。最近では、結像性能の安定性に対する要求も高まっているため、廃熱処理についても一層高いレベルの処理が必要となっている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】上記の如く、露光装置において、190nm程度以下の波長域の露光光を使用する場合には、その光路の大部分を窒素よりも吸収率の小さい気体で置き換えるか、又は真空にすることが望ましい。ところが、後者のように光路の大部分を真空にするのでは、露光装置の製造コストが上昇すると共に、露光装置のスループットが低下する。また、露光装置においては、露光光の熱エネルギーをより効率的に廃熱することも求められている。

【0006】これらの問題に同時に対処するには、露光光の光路の大部分に不活性で透過率が高く、熱伝導率が良好で(即ち、原子量が小さい)あると共に、温度制御された気体を供給すればよい。現状で、そのように不活性で熱伝導率が良好であり、かつ安全な気体として最も

高性能な気体はヘリウム(He)である。しかしながら、ヘリウムは地殻や大気中での存在度が極めて低く高価であるため、使用量が増えると露光装置の運転コストが上昇するという不都合がある。また、ヘリウムは原子量が小さいために露光装置の光路を覆うカバー等の隙間から漏れ易く、単にそのカバー内にヘリウムを循環させるのみでは、次第にヘリウムが減少するという不都合があった。

【0007】本発明は斯かる点に鑑み、露光エネルギービーム(露光光)の光路の少なくとも一部に高透過率(不活性)で熱伝導率が良好な気体を供給する場合に、その気体の使用量を抑制できる露光装置及びデバイス製造装置を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明による露光装置は、転写用のパターンが形成されたマスクに露光エネルギービームを照射する照明系(3, 11, 13, 14, 17~19)と、そのマスクのパターンが転写される基板を位置決めするステージ系(20~24)と、を有する露光装置において、その露光エネルギービームの光路の少なくとも一部に、その露光エネルギービームに対する透過率が高く、かつ熱伝導率の良好な気体を供給する気体供給装置(31, 43, 46)と、この気体供給装置(31, 43, 46)からその露光エネルギービームの光路上に供給された後にその気体の少なくとも一部を回収する気体回収装置(33~37, 41, 42)と、を備えたものである。

【0009】斯かる本発明によれば、その光路上に供給されたその気体の一部は回収されて再使用(リサイクル)することができるため、その気体の使用量を抑制できる。従って、その気体が高価である場合に運転コストが低下する。この場合、その気体の一例はヘリウム(He)である。ヘリウムは、安全であり、150nm程度以下の波長域の露光光を使用する場合でも透過率が高いと共に、熱伝導率が窒素(N₂)の約6倍程度と高いため、光学素子に対する冷却効果が高い。

【0010】また、その気体回収装置が例えば空気中に拡散したヘリウムを回収する場合、混合気体中の酸素は酸素吸収材で処理し、窒素は冷却することでヘリウムと分離できるため、残されたヘリウムを回収すればよい。又は、その混合気体を液体空気温度まで冷却し、生成された液体を除去することで、まだ気体のままのヘリウムのみを容易に回収できる。

【0011】また、その気体回収装置は、複数の露光装置で共用されることが望ましい。これによって、その気体回収装置の設備費が低減される。また、その気体回収装置で回収されたその気体をその気体供給装置の少なくとも一部(31, 43)を介してその露光エネルギービームの光路上に再循環させることが望ましい。

【0012】また、その気体供給装置は、一例としてそ

の気体回収装置から供給されるその気体の濃度を計測する濃度計(44)と、その気体が気体の状態、又は液化された状態で封入された気体源(46)と、その濃度計の計測結果に応じて気体源(46)からの気体をその気体回収装置から供給される気体に補充する制御部(43, 45, 48)と、を有するものである。その制御部は、その濃度計で計測されるその気体の濃度が所定の許容レベルより低くなったときに、その気体源からの気体を補充する。これによって、その気体源内の気体を無駄に使用することがなくなる。

【0013】また、その気体供給装置は、別の例としてその気体を液化保存、又は高圧保存する気体源(46)と、この気体源内の液化ガス、又は高圧ガスをその気体に戻す変換装置と、その気体源からその気体がその露光装置に供給される前にその気体の温度、及び圧力を調整する調整装置(43)とを有するものである。これによって、その気体を狭い空間に大量に保存できる。

【0014】また、その気体回収装置は、その回収した気体を液化、又は高圧化して保存することが望ましい。これによってその気体を大量に狭い空間に保存できる。また、本発明によるデバイス製造装置は、本発明による露光装置を含む複数の露光装置を有し、これら複数の露光装置で複数のデバイスパターンを露光対象の基板上に重ね合わせて転写してマイクロデバイスを製造するものである。この場合にも、その気体の使用量が抑制できる。また、上記の露光装置においては、その少なくとも一部の光路内に供給されるその気体の清浄度に関する情報を検出するセンサ(90)を更に備え、その検出される情報に応じてその気体の供給及びその停止を制御することが望ましい。

【0015】また、その露光エネルギービームの光路に配置される少なくとも1つの光学素子が収納される気密室にその気体を供給するようにしてもよい。これによって、その気体を効率的に使用できる。また、その気密室は、一例としてその光源の光学素子が収納される第1気密室と、その光源とそのマスクとの間に配置される光学素子が収納される第2気密室とを含むものである。また、その気密室の少なくとも一部が収納される筐体と、その筐体内に第2気体を供給する第2気体供給装置とを更に備えることが望ましい。

【0016】

【発明の実施の形態】以下、本発明の第1の実施の形態につき図1及び図2を参照して説明する。本例は、露光光の光路の大部分にヘリウムガスが供給される半導体デバイス製造用の投影露光装置に本発明を適用したものである。図1は、本例の投影露光装置、及びヘリウム循環装置の一部の概略構成を示し、図2はそのヘリウム循環装置の主要部の概略構成を示し、図1及び図2において、半導体製造工場の或る階の床F1上のクリーンルーム内に投影露光装置が設置され、その階下の床F2上の

いわゆる機械室(ユーティリティスペース)内に、階上の投影露光装置にヘリウムガスを供給し、更に回収するヘリウム循環装置が設置されている。このように発塵し易いと共に、振動発生源となり易い装置を、投影露光装置が設置されている階と別の階に設置することによって、投影露光装置が設置されているクリーンルーム内の清浄度を極めて高く設定できると共に、投影露光装置に対する振動の影響を小さくできる。

【0017】但し、ヘリウムガスは軽くて上昇し易いため、本例のヘリウム循環装置を、投影露光装置が設置されている階の階上に置いても構わない。また、ヘリウム循環装置内の後述の供給装置は床F2上に配置し、回収装置は床F1又はその階上に配置するというように、ヘリウム循環装置を部分毎に異なる階上に設置してもよい。

【0018】先ず、図1の床F1上のクリーンルーム内において、防振台2A, 2Bを介して箱状のケース1が設置され、ケース1内に露光光源としてのF₁レーザ光源3(発振波長157nm)、露光本体部との間で光路を位置的にマッチングさせるための可動ミラー等を含むビームマッチングユニット(BMU)4、及び遮光性の材料から形成され内部を露光光が通過するパイプ5が設置されている。また、ケース1の隣に箱状の気密性の良好な環境チャンバ7が設置され、環境チャンバ7内で床F1上に床からの振動を減衰するための防振台25A, 25Bを介して定盤24が設置され、定盤24上に露光本体部26が設置されている。また、ケース1内から突き出ているパイプ5から環境チャンバ7の内部まで気密性の良好なサブチャンバ6が架設され、サブチャンバ6内に照明光学系の大部分が収納されている。

【0019】なお、F₁レーザ光源3を床F1の階下の床F2上に配置してもよい。この場合、床F1上のクリーンルーム内での投影露光装置による専有面積(フットプリント)を小さくできると共に、露光本体部26への振動の影響も小さくできる。また、露光エネルギービーム(露光光)として、ArFエキシマレーザ光(波長193nm)、若しくはKrFエキシマレーザ光(波長248nm)、又はX線等を使用する場合でも、その露光エネルギービームの光路の少なくとも一部にヘリウム等を供給するような場合には、本発明が適用できる。また、本例の露光本体部26は、以下で説明するように走査露光型、例えばステップ・アンド・スキャン方式であるが、一括露光型、例えばステップ・アンド・リピート方式であっても本発明が適用されるのは言うまでもない。

【0020】先ず、露光時に、ケース1内のF₁レーザ光源3から射出された露光光としての波長157nmの紫外パルス光ILは、BMU3及びパイプ5の内部を経てサブチャンバ6内に至る。サブチャンバ6内において、紫外パルス光ILは、光アッテネータとしての可変

減光器8、レンズ系9A、9Bよりなるビーム整形光学系を経てフライアイレンズ11に入射する。フライアイレンズ11の射出面には照明条件を種々に変更するための照明系の開口絞り系12が配置されている。

【0021】フライアイレンズ11から射出されて開口絞り系12中の所定の開口絞りを通過した紫外パルス光1Lは、反射ミラー13、及びコンデンサレンズ系14を経てレチクルブラインド機構16内のスリット状の開口部を有する固定照明視野絞り(固定ブラインド)15Aに入射する。更に、レチクルブラインド機構16内には、固定ブラインド15Aとは別に照明視野領域の走査方向の幅を変換するための可動ブラインド15Bが設けられ、この可動ブラインド15Bによってレチクルステージの走査方向の移動ストロークの低減、及びレチクルRの遮光帯の幅の低減を図っている。

【0022】レチクルブラインド機構16の固定ブラインド15Aでスリット状に整形された紫外パルス光1Lは、結像用レンズ系17、反射ミラー18、及び主コンデンサレンズ系19を介して、レチクルRの回路パターン領域上のスリット状の照明領域を様な強度分布で照射する。本例では、遮光性の材料からなるパイプ5の射出面から主コンデンサレンズ系19までがサブチャンバ6内に収納され、更にパイプ5の内部からF₁レーザ光源3の射出面までの空間も密閉されて、サブチャンバ6内の空間に連通している。そして、サブチャンバ6内の空間には、階下のヘリウム循環装置から配管31の分岐管31a、及び分岐管31bを介して2箇所所定の純度以上で温度制御されたヘリウムガス(He)が供給されている。但し、ヘリウムは分子量が小さく漏れ易いため、サブチャンバ6から自然に漏れ出たヘリウムの一部は上昇して環境チャンバ7の天井近傍の空間7aに溜まる。

【0023】図2に示すように、配管31には開閉バルブV11が設けられており、制御系45によって開閉バルブV11の開閉を制御することで、投影露光装置へのヘリウムガスの供給、及びその停止を切り換えることができる。図1に戻り、配管31の分岐管31aには開閉バルブV13が設けられ、分岐管31bには投影光学系PLとの間に開閉バルブV14が、照明光学系(サブチャンバ6)との間に開閉バルブV15がそれぞれ設けられている。また、配管31の別の分岐管31c(図2参照)、及び開閉バルブV12を介して、F₁レーザ光源3、及びBMU4などが収納されたケース1内に、所定純度以上で温度制御されたヘリウムガスが供給される。そして、図2の制御系45によって開閉バルブV12~V15をそれぞれ独立に開閉することで、ケース1、サブチャンバ6(照明光学系)、及び投影光学系PLの内の所望の少なくとも1つにヘリウムガスを供給することが可能となっている。

【0024】紫外パルス光1Lのもとで、レチクルRの

照明領域内の回路パターン像が投影光学系PLを介してウエハ(wafer)W上のレジスト層のスリット状の露光領域に転写される。その露光領域は、ウエハ上の複数のショット領域内の1つのショット領域上に位置している。本例の投影光学系PLは、ジオブトリック系(屈折系)であるが、このような短波長の紫外光を透過できる硝材は限られているため、投影光学系PLをカタジオブトリック系(反射屈折系)、又は反射系として、投影光学系PLでの紫外パルス光1Lの透過率を高めるようにしてもよい。以下では、投影光学系PLの光軸AXに平行にZ軸を取り、Z軸に垂直な平面内で図1の紙面に平行にX軸、図1の紙面に垂直にY軸を取って説明する。

【0025】このとき、レチクルRは、レチクルステージ20上に吸着保持され、レチクルステージ20は、レチクルベース21上にX方向(走査方向)に等速移動できると共に、X方向、Y方向、回転方向に微動できるように載置されている。レチクルステージ20(レチクルR)の2次元的位置、及び回転角は、レーザ干渉計を備えた不図示の駆動制御ユニットに制御されている。

【0026】一方、ウエハWはウエハホルダ22上に吸着保持され、ウエハホルダ22はウエハステージ23上に固定され、ウエハステージ23は定盤24上に載置されている。ウエハステージ23は、オートフォーカス方式でウエハWのフォーカス位置(Z方向の位置)、及び傾斜角を制御してウエハWの表面を投影光学系PLの像面に合わせ込むと共に、ウエハWのX方向への等速走査、及びX方向、Y方向へのステッピングを行う。ウエハステージ23(ウエハW)の2次元的位置、及び回転角も、レーザ干渉計を備えた不図示の駆動制御ユニットに制御されている。走査露光時には、レチクルステージ20を介して紫外パルス光1Lの照明領域に対してレチクルRが+X方向(又は-X方向)に速度V_rで走査されるのに同期して、ウエハステージ23を介して露光領域に対してウエハWが-X方向(又は+X方向)に速度 $\beta \cdot V_r$ (β はレチクルRからウエハWへの投影倍率)で走査される。

【0027】また、サブチャンバ6内と同様に本例の投影光学系PLの鏡筒内部の空間(複数のレンズ素子間の空間)の全体にも、階下のヘリウム循環装置より配管31の分岐管31b、及び開閉バルブV14を介して、所定の濃度以上で温度制御されたヘリウムガスが供給されている。投影光学系PLの鏡筒から漏れ出るヘリウムも上昇して、環境チャンバ7の天井付近の空間7aに溜まる。

【0028】更に、本例では、環境チャンバ7の内部に階下の窒素循環装置(33~40、82~87、89など)から、配管88を介して酸素の含有量を極めて低く抑えると共に、温度、及び圧力が制御された窒素ガス(N₂)が供給されている。そして、環境チャンバ7内を循環した窒素ガスは、例えば環境チャンバ7の底面側の

排気孔（不図示）、及びその環境チャンバ7の側面に接続された配管95を介して配管33に回収され、回収された窒素ガスは後述のようにその窒素循環装置に戻されている。配管95の途中には開閉バルブV19が設けられている。

【0029】このように本例では、F₁レーザ光源3の射出面から主コンデンサレンズ系19までの紫外パルス光ILの光路、及び投影光学系PL内の紫外パルス光ILの光路に、190nm程度以下の光に対しても高い透過率を有するヘリウムガスが供給されている。また、主コンデンサレンズ系19から投影光学系PLの入射面まで、及び投影光学系PLの射出面からウエハWの表面までは、190nm程度以下の光に対してはあまり透過率の良くない窒素ガスが供給されているが、その窒素ガス内を通過する光路は極めて短いため、窒素ガスによる吸収量も僅かである。なお、窒素ガスは通常の空気（主に酸素）に比べて200nm～150nm程度の波長の光に対する透過率が高く、かつ窒素ガスは大気中に多く存在してヘリウムガスに比べて安価であるため、特に短い光路の部分に使用する際のコストパフォーマンスが優れている。従って、F₁レーザ光源3から射出された紫外パルス光ILは、全体として高い透過率（利用効率）でウエハWの表面に達するため、露光時間（走査露光時間）を短縮でき、露光工程のスループットが向上する。

【0030】また、ヘリウムは窒素に比べて熱伝導率が6倍程度良好であるため、F₁レーザ光源3内の光学素子、照明光学系内の光学素子、及び投影光学系PLの光学素子において紫外パルス光ILの照射によって蓄積された熱エネルギーは、ヘリウムガスを介して効率的にそれぞれケース1、サブチャンバ6のカバー、及び投影光学系PLの鏡筒に伝導する。また、ケース1、サブチャンバ6のカバー、及び投影光学系PLの鏡筒の熱エネルギーは、クリーンルーム内の温度制御された空気、又は環境チャンバ7内の温度制御された窒素ガスによって階下等の外部に効率的に廃熱される。従って、照明光学系、及び投影光学系PLの光学素子の温度上昇が極めて低く抑えられて、結像性能の劣化が最小限に抑制される。更に、ヘリウムは気圧変化に対する屈折率の変化量が極めて少ないため、例えば投影光学系PL内での屈折率変化量が極めて少なくなり、この面でも安定な結像性能が維持される。

【0031】次に、本例のヘリウム循環装置につき詳細に説明する。環境チャンバ7内で、サブチャンバ6から漏れ出たヘリウム、及び投影光学系PLから漏れ出たヘリウムは、窒素に比べて軽いため上昇して天井近傍の空間7aに溜まる。但し、空間7a内の気体は、ヘリウムの他に窒素や、環境チャンバ7の外部から入り込む空気が混じった混合気体である。

【0032】本例では、環境チャンバ7の外部からその空間7aに配管33が接続され、配管33は、床F1に

設けられた開口を通過して階下のヘリウム循環装置に通じている。更に、ケース1は配管92によって配管33と接続されており、配管92の途中には開閉バルブV16が設けられている。また、照明光学系が収納されたサブチャンバ6、及び投影光学系PL内でヘリウムが供給される空間もそれぞれ配管93及び94によって配管33と接続され、配管93及び94の途中にはそれぞれ開閉バルブV17及びV18が設けられている。従って、図2の制御系45によって開閉バルブV16、V17、V18をそれぞれ独立に開閉することで、ケース1、サブチャンバ6、及び投影光学系PLの内の所望の少なくとも1つから、有機物や塵埃などを含んだヘリウムガスを回収することが可能となっている。

【0033】また、床F1の底面側の配管33の途中に吸引用のポンプ（又はファン）34が配置されており、配管33、及びポンプ34によってその空間7a、及びケース1の内部等から吸引された混合気体は、階下のヘリウム循環装置に向かう。そして、ポンプ34を通過した混合気体は集塵排水装置35に達し、ここで後の断熱圧縮冷却の通路の目詰まり避けるために、微少な塵埃、及び水分が除去される。即ち、集塵排水装置35には、例えばHEPAフィルタ（high efficiency particulate air-filter）、又はULPAフィルタ（ultra low penetration air-filter）が備えられている。

【0034】更に、集塵排水装置35で塵埃や水分などが除去された混合気体は配管36を通過して不純物除去装置80に達し、ここで混合気体に含まれる塵埃及び水分以外の不純物（汚染物質）が除去される。ここで除去される不純物は、F₁レーザ光源3、照明光学系、及び投影光学系PLの光学素子の表面に付着してその曇りの原因となる物質、あるいは露光光の光路内に浮遊して照明光学系や投影光学系PLの透過率（照度）若しくは照度分布などを変動させる物質、又はウエハW（レジスト）の表面に付着して現像処理後のパターン像を変形させる物質などである。

【0035】本例の不純物除去装置80としては、活性炭フィルタ（例えば、ニッタ株式会社製のギガソープ（商品名））、又はゼオライトフィルタ、あるいはこれらを組み合わせたフィルタが使用できる。これにより、環境チャンバ7、照明光学系、及び投影光学系PLの内部に存在するシロキサン（siloxane: Si-Oの鎖が軸となる物質）又はシラザン（silazane: Si-Nの鎖が軸となる物質）などのシリコン系有機物が除去される。

【0036】ここで、シロキサンの1つである、Si-Oの鎖が軸となった「環状シロキサン」という物質が、投影露光装置で用いられるシリコン系の接着剤、シーリング剤、塗料等に含まれており、これが経年変化により脱ガスとして発生する。環状シロキサンは、感光基板や光学素子（レンズなど）の表面に付着し易く、更に紫外光が当たると酸化されて、光学素子表面におけるSiO

、系の曇り物質となる。

【0037】また、シラザンとしては、レジスト塗布工程で前処理剤として用いられるヘキサ・メチル・ジ・シラザン (hexamethyldisilazane: 以下「HMDS」という) がある。HMDSは、水と反応してシラノール (silanol) という物質に変化 (加水分解) する。シラノールは、感光基板や光学素子などの表面に付着し易く、更に紫外光が当たると酸化されて、光学素子表面におけるSiO₂系の曇り物質となる。なお、シラザンは上記加水分解でアンモニアを発生するが、このアンモニアがシロキサンと共存すると更に光学素子表面を曇り易くする。

【0038】ところで、照明光学系や投影光学系PLの光学素子の表面などに付着した有機物 (例えば炭化水素 (hydrocarbon)) が光洗浄によって分解され、ヘリウムガスに混入するが、本例では不純物除去装置80によってこの炭化水素も除去される。更に、前述のシリコン系有機物だけでなく、環境チャンバ7内の配線やプラスチックなどの脱ガスとして、可塑剤 (フタル酸エステルなど)、難燃剤 (燐酸、塩素系物質) なども発生するが、本例ではこれら可塑剤や難燃剤なども不純物除去装置80で除去される。なお、クリーンルーム内に浮遊するアンモニウムイオンや硫酸イオンなどが環境チャンバ7内に進入しても、これらのイオンも不純物除去装置80で除去される。また、本例では集塵排水装置35よりも下流側に不純物除去装置80を設けたが、これを集塵排水装置35よりも上流側に設けてもよいし、あるいは集塵排水装置35内のHEPAフィルタ、又はULPAフィルタと不純物除去装置80内の活性炭フィルタなどを一体的に構成してもよい。

【0039】さて、不純物除去装置80を通過した混合気体は、配管36を経て冷凍装置37に達し、ここで断熱圧縮冷却によって液体窒素温度まで冷却される。これによって、窒素及び空気の成分は液化するため、液化した窒素を含む空気の成分と気体のままのヘリウムとを容易に分離できる。冷凍装置37内で液化した主に窒素 (N₂) よりなる空気の成分は、配管38及びこの途中に配置された吸引用のポンプ39を介して図2のポンプ40に回収される。ポンプ40内で気化した窒素等の空気の成分は、例えば再利用 (リサイクル) することができる。一方、図1の冷凍装置37内で気体のまま存在するヘリウムは、配管41及びこの途中に配置された吸引用のポンプ (又はファン) 42を介して、図2の混合温調装置43の第1の流入口に向かう。

【0040】図2において、混合温調装置43の第2の流入口には、高純度のヘリウムガスが高圧で封入されたポンプ46から、配管47及び開閉バルブ48を介して高純度のヘリウムガスが供給されている。なお、ポンプ46内に液化したヘリウムを収納しておいてもよい。更に、図1の冷凍装置37を介して回収されたヘリウムが通過する配管41内の、混合温調装置43に対する流入

口の近傍にヘリウムの濃度 (又は純度) を計測するためのヘリウム濃度計44が設置され、この測定データがコンピュータよりなる制御系45に供給されている。制御系45は、ヘリウム濃度計44で測定される回収されたヘリウムの濃度が所定の許容値に達しないときに、開閉バルブ48を開放して、ポンプ46から混合温調装置43内に高純度のヘリウムを加える。そして、ヘリウム濃度計44で測定されるヘリウム濃度がその許容値以上であるときには、制御系45は開閉バルブ48を閉じる。また、露光動作が行われない期間でも、開閉バルブ48は閉じられている。なお、ヘリウム濃度計の代わりに酸素濃度を検出するセンサを用いるようにし、酸素濃度がその許容値以下であるときには開閉バルブ48を閉じておくように制御してもよい。

【0041】更に、混合温調装置43は、回収されたヘリウム、及びポンプ46からのヘリウムを所定の気圧範囲内で混合してから所定の温度及び湿度に制御し、温度、圧力、及び湿度が制御されたヘリウムを配管31に供給する。集塵排水装置35から混合温調装置43までが本例のヘリウム循環装置を構成している。また、配管31は、上階の床F1に設けられた開口を通過して上階のクリーンルーム内に達していると共に、配管31の途中で、かつ床F1の底面側に送風用のポンプ (又はファン) 32が設置され、床F1の上面側に開閉バルブV11が設置されている。そして、混合温調装置43によって所定の気圧の範囲内で、所定の濃度以上であると共に、所定の温度、圧力、及び湿度に制御されたヘリウムガスは、配管31に供給された後、ポンプ32によって送風されながら配管31の分岐管31a、31b及び31cを介して、図1の床F1上の投影露光装置のサブチャンバ6内、投影光学系PL内、及びケース1内にそれぞれ供給されている。

【0042】また、図2において、配管31内の開閉バルブV11よりも上流側 (ポンプ32側) に、ヘリウムガスに混入している不純物 (前述のシリコン系有機物などを含む) の濃度を検出する不純物濃度計90が配置されており、その測定値に基づいて制御系45が開閉バルブV11の開閉、即ちヘリウムの供給、及びその停止を制御している。この不純物濃度計90で計測される不純物の濃度が所定の許容値以上となったときは、開閉バルブV11を閉じて投影露光装置へのヘリウムの供給を停止し、例えば図1の不純物除去装置80のフィルタ交換を行う。あるいは回収したヘリウムを不純物と共にそのヘリウム循環装置外に放出する。しかる後、開閉バルブV11を開けてヘリウムの供給を再開すると共に、図1の開閉バルブV12～V18も開けてヘリウムを循環させる。そして、一例として不純物の濃度が許容値よりも低いことが確認された時点で開閉バルブV16～V18を閉じる。更に、ケース1、サブチャンバ6、及び投影光学系PL内でのヘリウムの濃度がそれぞれ所定値に達

した時点で開閉バルブV12～V15を順次閉じていく。

【0043】そして、図1のウエハステージ23に設けられた光検出器（不図示）を用いて、投影光学系PLの露光光（紫外パルス光IL）に対する透過率（又はウエハW上での照度）、更にはレチクルR又はウエハW上での照度分布を検出し、これらの検出結果に基づいてウエハWへの露光を開始する。なお、前述のフィルタ交換、又は回収したヘリウムの放出の代わりに、回収したヘリウムを保存するためのボンベ（後述の図3中のボンベ50に相当する）を別のボンベと交換し、別の再生工場などでその純度を高めるようにし、環境チャンバ7にはボンベ46内の高純度のヘリウムを供給するようにしてもよい。また、不純物濃度計90は配管31の内部以外の位置に配置してもよく、例えば配管41内、又は配管36内で不純物除去装置80よりも下流側に配置してもよい。

【0044】更に、本例の投影露光装置の稼働の立ち上げ時、若しくは長時間停止後の再稼働時、あるいは照明光学系、及び投影光学系PLの光洗浄開始時、若しくはその終了後などでは、図2の制御系45によって配管31の開閉バルブV11を閉じ、かつ図1の配管92～94の開閉バルブV16～V18を開けた状態で、ポンプ34によってケース1、サブチャンバ6、及び投影光学系PL内の気体（ヘリウムなど）を吸引するものとする。このとき、環境チャンバ7の上部空間7a内の混合気体が配管33に流入しないように、配管33の流入口付近に設けられる開閉バルブ（不図示）を閉じておくことが望ましい。しかる後、開閉バルブV16～V18を閉じると共に、開閉バルブV11を開けてケース1、サブチャンバ6、及び投影光学系PLにそれぞれヘリウムを供給し、その内部でのヘリウム濃度が所定値に達したのから順に対応する開閉バルブV12～V15を閉じていき、開閉バルブV12～V15が全て閉じられた後でバルブV11を閉じる。これにより、ウエハWの露光動作、又はその準備動作などの開始が可能となる。

【0045】図示していないが、ケース1、サブチャンバ6、及び投影光学系PLの内部にはそれぞれヘリウム濃度計又は酸素濃度計が設けられており、制御系45はこの濃度計の出力に基づいて開閉バルブV12～V15の開閉を制御する。このとき、ケース1、サブチャンバ6、及び投影光学系PLでそれぞれヘリウムの濃度がその許容値に達する、あるいは酸素濃度がその許容値以下となるまでF₁レーザ光源3の発振、即ちウエハWの露光が禁止されるようになっている。なお、環境チャンバ7内、特に照明光学系（コンデンサーレンズ19）と投影光学系PLとの間、及び投影光学系PLとウエハWとの間にそれぞれ窒素濃度計又は酸素濃度計を配置し、更にこの濃度計の出力を併用して前述と同様にF₁レーザ光源3の発振を制御してもよい。

【0046】また、投影露光装置の稼働中にケース1、サブチャンバ6、及び投影光学系PLの少なくとも1つ、例えば投影光学系PLの内部でのヘリウム濃度が所定値よりも低くなったときは、開閉バルブV11、V14を開けてヘリウムを供給する。このとき、投影光学系PL内、特に光学素子間での圧力を変化させないように、混合温調装置43やポンプ32などによってその供給するヘリウムガスの流量や圧力などを調整しておく。これは、圧力変化による投影光学系PLの結像特性の変化、及びレチクルR又はウエハW上での照度、又はその分布の変化を防止するためである。図示していないが、照明光学系（サブチャンバ6）及び投影光学系PLの内部にはそれぞれ圧力センサが設けられており、制御系45はこれらの圧力センサの測定値に基づいてヘリウムガスの流量や圧力などを制御する。なお、照明光学系、及び投影光学系PLの内部にそれぞれ温度センサ、及び湿度センサを更に配置し、それらのセンサの測定値も利用してヘリウムガスの温度や湿度をより正確に制御するようにしてもよい。

【0047】このように本例では、投影露光装置の露光光（紫外パルス光IL）の光路の大部分を流れるように供給されたヘリウムガスの大部分は、環境チャンバ7の上部空間7aを介して、あるいはケース1、サブチャンバ6、及び投影光学系PLから直接、配管33を通じて階下のヘリウム循環装置に回収されているため、高価なヘリウムの使用量を減らすことができる。従って、露光光に対する透過率を高め、光学素子の冷却効率を高めた上で、投影露光装置の運転コストを低減することができる。

【0048】なお、上記の実施の形態において、図1の冷凍装置37と混合温調装置43との間に、回収したヘリウムを保存するためのボンベ（例えば後述する図3中のボンベ50に相当するもの）を更に設けてもよい。この場合、大量に保存できるようにするために、コンプレッサによってヘリウムを100～200気圧程度に圧縮してそのボンベに収納することが望ましい。これによって体積はほぼ1/100～1/200に減少する。更に、タービン等を用いた液化機によってヘリウムを液化して蓄積してもよい。液化によってヘリウムの体積はほぼ1/700に減少できる。このように高圧縮、又は液化したヘリウムを再利用する際に、例えば1気圧程度の状態に戻したときには、膨張によって温度が下がるため、ヒータ等での加熱温度管理が必要となる。また、圧力を一定にするためのバッファ空間を設けることが望ましい。更に、混合温調装置43の上流側（ポンプ42側）に開閉バルブを設け、回収したヘリウムを保存するボンベから取り込むヘリウムの量を調整したり、あるいはその流路（配管41）の開閉を制御するようにしてもよい。この開閉バルブと配管47の開閉バルブ48とを併用することで、配管31に送るヘリウムの濃度調整を

より一層容易に行うことができる。

【0049】なお、上記の実施の形態では、ヘリウムガスは露光光の光路の大部分を流通するように供給されているが、更にその光路の全部を覆うと共に、かつレチクルステージ20やウエハステージ23の冷却効率も高めるために、環境チャンバ7内の全体にヘリウムガスを供給するようにしてもよい。この場合でも、大部分のヘリウムは回収されるため、運転コストの上昇は僅かである。

【0050】また、上記の実施の形態では、混合温調装置43によって回収されたヘリウムと高純度のヘリウムとを混合しているが、回収されたヘリウムの濃度（純度）が低いような場合には、単に混合しても急速には投影露光装置側に供給されるヘリウムの濃度を許容範囲まで高められない恐れがある。このような場合には、回収されたヘリウムは別のボンベに蓄えて、別の再生工場等で純度を高めるようにして、投影露光装置にはボンベ46内の高純度のヘリウムを供給するようにしてもよい。

【0051】なお、図1の投影露光装置では開閉バルブV11～V18を用いて、ケース1、サブチャンバ6、及び投影光学系PL内にそれぞれヘリウムを充填（封入）しておくものとしたが、本例ではヘリウム循環装置を備えているので、例えば開閉バルブV16～V18を閉じた状態で、ケース1、サブチャンバ6、及び投影光学系PLからそれぞれ漏れ出すヘリウムを補充するように、ヘリウムの流量を調整しながら常時供給するようにしてもよい。あるいは、開閉バルブV11～V18を開いたまま所定流量でヘリウムを常時供給するようにしてもよい。後者の方法では、特に開閉バルブV11～V18を設けなくてもよい。このとき、照明光学系、及び投影光学系PLの内部にそれぞれ設けられる圧力センサ（不図示）の測定値に基づいて、その内部での圧力がほぼ一定値に維持されるように、その供給するヘリウムの流量や圧力などを制御すればよい。

【0052】ここで、前述のようにヘリウムを常時供給する場合、不純物濃度計90で計測される不純物の濃度が所定の許容値に達した時点で開閉バルブV11を閉じるようにしているが、このとき投影露光装置全体の動作を統轄制御する主制御系（不図示）は露光装置本体での動作を確認し、例えばウエハの露光処理の途中であるときには、制御系45に対してその露光処理が終了するまで開閉バルブV11を閉じる動作（閉成）を待つように指令を送るようにする。又は、その主制御系は、不純物の濃度が許容値に達する直前では、次のウエハの露光処理を開始させることなく開閉バルブV11を閉じさせて、前述のように不純物濃度を所定値以下に下げる動作を開始させるようにしてもよい。

【0053】また、本例では前述の不純物の混入を考慮して、ケース1、サブチャンバ6、及び投影光学系PL内のヘリウムを交換する、あるいはヘリウムを循環させ

るために、ケース1、サブチャンバ6、及び投影光学系PLの各々と配管33とを配管92～94で接続した。しかしながら、回収したヘリウムを精度良く浄化（純化）でき、不純物の混入が無視できる程度であり、照明光学系や投影光学系PLの内部で不純物がほぼ発生しない状態であれば、その配管92～94（及び開閉バルブV16～V18）は設けなくともよい。このとき、更に開閉バルブV11～V15を設けなくともよい。この場合、ケース1、サブチャンバ6、及び投影光学系PLからそれぞれヘリウムが漏れ出すので、それを補充する、即ちヘリウム濃度が許容値以上に維持されるように、ヘリウムを常時若しくは随時（又は定期的に）供給すればよい。

【0054】更に、本例では図1のF₁、レーザ光源3とBMU4とをケース1内に収納するものとしたが、F₁、レーザ光源3とは別にBMU4などを筐体に収納し、F₁、レーザ光源3とその筐体とにそれぞれヘリウムを供給するようにしてもよい。このとき、F₁、レーザ光源3とその筐体とを機械的に接続し、両者の仕切板としてF₁、レーザが透過するガラスプレートを設ければよい。このとき、F₁、レーザ光源3の全体を筐体内に収納してもよいし、あるいは光源3内に設けられるリアミラー、フロントミラー、及び波長選択素子（プリズム、又はグレーティング等を含む）等の光学素子とレーザガスチューブとを筐体内に配置するだけでもよい。

【0055】次に、本例の窒素循環装置につき詳細に説明する。本例では、図2の配管88を介して図1の環境チャンバ7内に窒素ガス（N₂）を供給すると共に、配管95、33を介してその環境チャンバ7から窒素を回収している、即ち環境チャンバ7内で窒素を循環させている。さて、図1の冷凍装置37でヘリウムなどと分離された窒素は、ポンプ39によって吸引されて配管38を通して図2のボンベ40に回収される。更に、ボンベ40内の窒素は、ポンプ83によって吸引されて配管81を通して温調装置86に送られる。配管81の途中には開閉バルブV21が設けられると共に、温調装置86に送られる窒素の濃度を計測する窒素濃度計（又は酸素濃度計）82が設置されており、この濃度計の測定値が制御系45に供給されている。制御系45は、濃度計82で計測される窒素濃度が所定値に達していないときに、窒素ボンベ84と温調装置86とを接続する配管85の開閉バルブV22を開放して、ボンベ84から温調装置86に高純度の窒素を供給する。一方、窒素濃度がその所定値以上であるときには、制御系45は開閉バルブV22を閉じておく。なお、濃度計82で計測される窒素濃度が極端に低いときは、開閉バルブV21を閉じて窒素ボンベ84からの窒素のみを温調装置86に送るようにしてもよい。そして、濃度計82で計測される窒素濃度が許容値（前述の所定値よりも小さい値）に達した時点で、開閉バルブV21を開放すればよい。

【0056】更に温調装置86は、回収、浄化された窒素と窒素ボンベ84からの窒素とを混合して所定の温度、圧力、湿度に制御し、この温度、圧力、及び湿度が制御された窒素ガスを床F1を貫通する配管88に供給する。配管88の途中で、床F1の底面側に送風用のポンプ（又はファン）87が設けられており、このポンプ87によって窒素が図1の配管88の分岐管88a、88bを通して環境チャンバ7内に供給される。分岐管88aは、投影光学系PLとウエハWとの間の露光光の光路に向けて窒素ガスを吹き出し、分岐管88bはサブチャンバ6と投影光学系PLとの間の露光光の光路（レチクルRの上下の空間）に向けて窒素ガスを吹き出している。

【0057】また、配管88には床F1の上面側に開閉バルブV23が設置され、開閉バルブV23よりも上流側（ポンプ87側）の配管88内に、窒素に混入している不純物（前述のシリコン系有機物などを含む）の濃度を検出する不純物濃度計89が配置されている。この不純物濃度計89で計測される不純物濃度が所定の許容値以上となったときは、制御系45は、開閉バルブV23を閉じて投影露光装置への窒素の供給を停止し、例えば不純物除去装置80のフィルタ交換を行う。あるいは、回収した窒素を不純物と共にその窒素循環装置外に放出する。しかる後、開閉バルブV23（及び開閉バルブV24、V25）を開けて窒素の供給を再開すると共に、図1の配管95の開閉バルブV19も開けて窒素を循環させる。そして、不純物濃度が許容値よりも低いことが確認された時点で、開閉バルブV19を閉じる。更に、環境チャンバ7内での窒素濃度が所定値に達した時点で開閉バルブV24、V25を順次閉じていく。そして、ウエハステージ23に設けられた光検出器（不図示）を用いて、投影光学系PLの透過率（又はウエハW上での照度）、更にはレチクルR又はウエハW上での照度分布を検出し、これらの検出結果に基づいてウエハWへの露光を開始する。

【0058】なお、上記の実施の形態において、環境チャンバ7内での窒素濃度が所定値に達した時点で窒素の供給を停止し、配管88（又はその分岐管88a、88b）、及び配管95をそれぞれ開閉バルブV23（又は開閉V24、V25）、及び開閉バルブV19で閉じると共に、環境チャンバ7内での窒素濃度が所定値よりも低くなったときに、開閉バルブV23（及び開閉バルブV24、V25）を開けて窒素を供給するようにしてもよい。

【0059】また、前述のフィルタ交換、又は回収した窒素の放出の代わりに、回収した窒素を保存するボンベ40を別のボンベと交換し、別の再生工場などでその純度を高めるようにし、環境チャンバ7には窒素ボンベ84内の高純度の窒素を供給するようにしてもよい。また、不純物濃度計89は配管88の内部以外の位置に配

置してもよく、例えば配管81内、又は配管36内で不純物除去装置80よりも下流側に配置してもよい。特に後者の配置では、前述の不純物濃度計90を設ける必要がなくなる、即ちヘリウム供給装置と窒素供給装置とで1つの不純物濃度計を兼用することが可能となる。

【0060】更に、図示していないが、環境チャンバ7内には窒素濃度計又は酸素濃度計が設けられており、環境チャンバ7内での窒素濃度が所定の許容値を下回らないように、制御系45はその濃度計の出力に基づいて開閉バルブV23～V25の開閉を制御する。また、環境チャンバ7内には温度センサ、圧力センサ、及び湿度センサ（不図示）も配置されており、環境チャンバ7内での温度、圧力、及び湿度がそれぞれ所定値にほぼ維持されるように、制御系45はそれらセンサの測定値に基づいて、温調装置86やポンプ87などによってその供給する窒素の流量、温度、圧力、及び湿度などを調整する。

【0061】ところで、本例では図1において、配管88の第1の分岐管88aの排出口を投影光学系PLとウエハWとの間の近傍に設置し、投影光学系PLとウエハWとの間を窒素が流れるようにしている。一方、配管88の第2の分岐管88bは更に2つに分岐され、一方の排出口はコンデンサレンズ19とレチクルRとの間の近傍に設置され、他方の排出口はレチクルRと投影光学系PLとの間に設置されている。そこで、分岐管88a、88bからそれぞれ窒素が常時噴き出されるように、開閉バルブV19の開閉を制御して環境チャンバ7内で窒素を循環させるとよい。この場合、照明光学系（コンデンサレンズ19）と投影光学系PLとの間、及び投影光学系PLとウエハWとの間に純度の高い窒素を優先的に供給することができるので、レチクルR又はウエハWの交換時などに環境チャンバ7の開閉によってその内部の窒素濃度が低下しても、その交換動作終了後直ぐに露光動作又は準備動作を開始することができ、スループットの低下を最小限に抑えることが可能となる。また、分岐管88a、88bを設けずに配管88を環境チャンバ7に接続しただけで窒素を循環させる場合に比べて窒素の供給量を少なくすることができる。更に、露光光の照射時にウエハW（レジスト表面）から発生する飛散粒子（汚染物質）が投影光学系PL（最もウエハ側の光学素子の表面）に付着することを大幅に低減することもできる。なお、環境チャンバ7内で窒素を循環させる場合、その汚染物質が窒素と共にその外部に排出され、環境チャンバ7内でのクリーン度を高めることができる。

【0062】なお、本例では環境チャンバ7内を窒素雰囲気としたが、例えば不純物が除去された空気を環境チャンバ7に供給し、前述のように照明光学系と投影光学系PLとの間、及び投影光学系PLとウエハWとの間に窒素を供給してその両空間を窒素雰囲気とするだけでもよい。このとき、窒素の代わりにヘリウムを供給するよ

うにしてもよく、この場合は窒素循環装置を設ける必要がなくなり、例えば配管31と分岐管88a、88bとを接続して、上記両空間にそれぞれヘリウムを供給すればよい。また、環境チャンバ7に供給する空気として、前述の有機物などが除去された化学的にクリーンなドライエア（例えば湿度が5%程度以下）を用いてもよい。なお、この構成はArFエキシマレーザを露光光源として用いる投影露光装置に対して特に有効であり、この場合はケース1、サブチャンバ6、及び投影光学系PLにそれぞれ窒素を供給するようにしてもよいし、あるいはケース1、及びサブチャンバ6には窒素を供給し、投影光学系PLにはヘリウムを供給するようにしてもよい。

【0063】また、本例では環境チャンバ7内に窒素（又はヘリウム）などを供給するものとしたが、露光用照明光の波長域によっては環境チャンバ7内に化学的にクリーンで、かつ温度制御された空気（前述のドライエア）を供給するだけでもよい。例えば、露光波長が190nm程度以上であれば、環境チャンバ7内を空気雰囲気としてもよい。この場合、ケース1、サブチャンバ6、及び投影光学系PLにそれぞれ供給されるヘリウム、又は窒素などを回収する循環装置と同様に、環境チャンバ8に供給されるドライエアを回収するドライエア循環装置を設けてもよく、例えば配管33を介さずに配管95のみによって環境チャンバ7とそのドライエア循環装置とを接続してもよい。

【0064】更に、前述したヘリウム循環装置と同様に、回収した窒素をコンプレッサによって100～200気圧程度に圧縮するか、あるいはタービンなどを用いた液化機によって液化してボンベ40に保存するようにしてもよい。なお、分岐管88a、88bにそれぞれ設けた開閉バルブV24、V25は、照明光学系と投影光学系PLとの間、及び投影光学系PLとウエハWとの間の一方のみに窒素を供給可能とするものであり、両空間に窒素を同時に供給する場合には開閉バルブV24、V25を設けなくてもよい。

【0065】また、本例では照明光学系と投影光学系PLとの間、及び投影光学系PLとウエハWとの間にそれぞれ窒素を流すようにしたが、分岐管88a、88bを設けず、単に環境チャンバ7に配管88を接続して、環境チャンバ7内での窒素濃度が所定値以上となった時点で開閉バルブV23を閉じるようにしてもよい。また、分岐管88a、88bの有無にかかわらず、開閉バルブV23、V19を開けたまま所定流量で窒素を供給して環境チャンバ7内で窒素を循環させるようにしてもよい。この場合、特に開閉バルブV23、V19を設けなくてもよい。

【0066】更に、本例では照明光学系の大部分をサブチャンバ6に収納し、サブチャンバ6の一部を環境チャンバ7内に設置したが、例えばサブチャンバ6の全てを

環境チャンバ7内に設置してもよい。この場合、サブチャンバ6から漏れ出すヘリウムの回収率を向上させることができる。また、環境チャンバ7外に設置されるサブチャンバ6の一部から漏れ出すヘリウムをも回収するために、環境チャンバ7外のサブチャンバ6を所定の筐体で覆い、その筐体上部に配管33の別の流入口を接続してもよい。

【0067】また、本例ではケース1、サブチャンバ6、及び投影光学系PLにそれぞれ単一の気体（窒素、又はヘリウム）を供給するものとしたが、例えば窒素とヘリウムとを所定比で混合した気体を供給するようにしてもよい。この場合、ヘリウム循環装置の配管31に対してその開閉バルブV11よりも下流側で窒素循環装置の配管88を接続すればよい。なお、混合気体は窒素とヘリウムとの組み合わせに限られるものではなく、ネオン、水素などと組み合わせてもよい。また、環境チャンバ7に供給する気体も前述の混合気体であってもよい。

【0068】次に、本発明の第2の実施の形態につき図3を参照して説明する。本例は複数台の投影露光装置からのヘリウムを1台のヘリウム回収装置で回収するものであり、図3において、図1、図2に対応する部分には同一符号を付してその詳細説明を省略する。なお、図1、図2中に示したケース1、サブチャンバ6、及び投影光学系PLの各々と配管33とを接続する配管92～94、及び環境チャンバ7と配管33とを接続する配管95は図示省略している。

【0069】図3は、本例の複数台の投影露光装置、及び1台のヘリウム回収装置を示す断面図であり、この図3において、床F1上に複数個の環境チャンバ7A、7B、7Cが設置され、各環境チャンバ7A、7B、7C内にそれぞれ図1の露光本体部26と同様の露光本体部が設置され、かつ不図示の露光光源が近接して配置されている。そして、環境チャンバ7A、7B、7C内にそれぞれ階下の不図示のヘリウム供給装置から所定の純度以上のヘリウムガスが供給されている。そして、環境チャンバ7A、7B、7C内に供給されて内部の天井近傍の空間に上昇したヘリウム、窒素、及び空気の混合気体は、それぞれ配管33A、33B、33Cを介して共通配管49に導かれている。共通配管49は、床F1の開口を通過して階下の床F2上のヘリウム回収装置に通じている。共通配管49の床F1の底面側には吸引用のポンプ34が設置されている。

【0070】階下のヘリウム回収装置において、共通配管49及び吸引用のポンプ34を介して回収されたヘリウム、窒素、及び空気の混合気体は、集塵排水装置35、不純物除去装置80、配管36を経て冷凍装置37に達し、冷凍装置37で液化された窒素はボンベ40に回収される。そして、冷凍装置37で液化されなかったヘリウムは、配管41及び吸引用のポンプ42によってヘリウムを蓄積するためのボンベ50に例えば高圧で圧

縮されて回収される。回収されたヘリウムは、ポンベ50に設けられた配管51を介して、純度を高めるための再生工場、又は図1中に示したヘリウム供給装置に供給される。

【0071】ところで、前述の第1実施の形態(図1、図2)で説明したように、図3中のヘリウム回収装置(33A~33C、34~42、49、50)は窒素回収装置を兼ねている。そこで、複数台の投影露光装置と1台の窒素供給装置(図2中の配管81~配管88までの部材)とを接続し、この窒素供給装置によってポンベ40に保存された窒素を複数台の投影露光装置にそれぞれ供給するようにしてもよい。これにより、複数台の投影露光装置で1台の窒素循環装置を兼用することが可能となる。

【0072】このように本例では、複数台の露光装置に対して1台のヘリウム回収装置、及び窒素循環装置で対応しているため、回収コストが低減されている。次に、図4を参照して図1及び図2の第1の実施の形態の投影露光装置の変形例につき説明する。本例は、環境チャンバ7内に配置されるレチクルステージ20とウエハステージ23とをそれぞれサブチャンバCH1、CH2内に収納したものであり、図4において、図1に対応する部分には同一符号を付してその詳細説明を省略する。

【0073】図4において、サブチャンバCH1は照明光学系(コンデンサレンズ19)と投影光学系PLとの間の光路が空気に曝されないように、その間の空間を密閉して窒素雰囲気とするものであり、配管88の分岐管88b、及び配管33に接続される配管96が接続され、配管96には開閉バルブV20が設けられている。図4では、サブチャンバCH1は投影光学系PLと接続されているが、実際にはサブチャンバCH1の振動が投影光学系PLに伝わらない構造となっている。なお、サブチャンバCH1はサブチャンバ6と一体的に構成してもよく、更にはサブチャンバCH1を投影光学系PLが固定される架台とは別の架台を介して床F1上に固定してもよい。

【0074】一方、サブチャンバCH2は床F1(正確には露光装置本体が配置されるベースプレート)上に固定されると共に、投影光学系PL(最もウエハ側の光学素子)とウエハWとの間の光路が空気に曝されないように、その間の空間を密閉して窒素雰囲気とするものであり、配管88の分岐管88a、及び配管95が接続されている。また、サブチャンバCH1と同様にサブチャンバCH2もその振動が投影光学系PLに伝わらない構造となっている。

【0075】なお、サブチャンバCH1、CH2ではその内部の窒素濃度が所定値以上となった時点でその前後の開閉バルブ(開閉バルブV25とV20、又は開閉バルブV24とV19)を閉じるようにしてもよいし、あるいはそれらの開閉バルブを開けたまま所定流量で窒素

を循環させるようにしてもよい。また、サブチャンバCH1、CH2にそれぞれ配管31の分岐管を接続して、窒素の代わりにヘリウムを供給するようにしてもよい。

【0076】図示していないが、ウエハステージ23の位置情報を検出するレーザ干渉計、ウエハW上のアライメントマーク等を検出するオフ・アクシス方式のアライメント光学系、及びウエハWの表面位置を検出する斜入射光方式の位置検出光学系の少なくとも一部はサブチャンバCH2内に配置されている。なお、アライメント光学系や位置検出光学系の光源、及びディテクタ等はサブチャンバCH2の外に配置することが好ましい。また、レチクルステージ20、及びウエハステージ23の位置制御に用いるレーザ干渉計(不図示)もそれぞれサブチャンバCH1、CH2内に配置されている。

【0077】更に、本例では循環チャンバ7は空調機(不図示)と接続されており、サブチャンバ6、CH1、CH2以外の空間で、前述の不純物(有機物等)が除去され、かつ温度、圧力、及び湿度が制御された空気が循環され、環境チャンバ7内の環境(温度等)がほぼ一定に維持されるようになっている。なお、環境チャンバ7内の空気がサブチャンバCH1、CH2に混入しないように、サブチャンバCH1、CH2内の圧力を環境チャンバ7内の圧力よりも高く設定しておくことが望ましい。

【0078】このように本例では、照明光学系と投影光学系PLとの間、及び投影光学系PLとウエハWとの間での露光光(紫外パルス光IL)の減衰を防止することができると共に、環境チャンバ7の内部全体を窒素雰囲気にする場合に比べて窒素の供給量(使用量)が少なくて済み、かつ露光光の照射によってレジスト表面から発生する汚染物質を効率よくサブチャンバCH2の外に排出することができる。なお、本例はサブチャンバCH1、CH2、及び上記空調機以外の構成は図1と同一であり、第1及び第2の実施の形態で説明した変形例もそのまま適用することができる。例えば、サブチャンバCH2内で分岐管88aを延長して、図1と同様に投影光学系PLとウエハWとの間に窒素を噴き付ける(流す)ようにしてもよく、これによって投影光学系PLへの汚染物質の付着量が低減でき、かつ汚染物質の回収(排出)を効率よく行うことができる。

【0079】なお、本例ではサブチャンバCH1、CH2にそれぞれ窒素、又はヘリウムを供給するものとしたが、これら以外の不活性ガス(ネオン、水素等)、又はこれらを組み合わせた混合気体を供給してもよいし、あるいは露光光の波長によっては(例えば波長が190nm程度以上の場合には)前述した化学的にクリーンなドライエアを供給するようにしてもよい。また、サブチャンバCH1、CH2にそれぞれ窒素等を供給する代わりに、その内部を真空としてもよい。

【0080】さて、図1~図4に示した投影露光装置で

はアライメント光学系や斜入射光方式の焦点検出光学系等を図示していないが、照明光学系の大部分を収納するサブチャンバ6と同様に、アライメント光学系、又は焦点検出光学系の少なくとも一部を対応する筐体内に収納し、その筐体内に窒素、又はヘリウム等を供給するように構成してもよい。この場合、その筐体に配管31又は配管88の分岐管を接続すればよく、更に必要ならばその筐体と配管33とを接続してもよい。

【0081】また、レチクルステージ20にレチクルRを搬送するレチクルローダ、及びウエハステージ23にウエハWを搬送するウエハローダも図示されていないが、レチクルローダ及びウエハローダはそれぞれ独立にサブチャンバに収納され、それらサブチャンバは環境チャンバ7（図4の例ではサブチャンバCH1、CH2）に接続されている。この場合、レチクルローダ、又はウエハローダが配置されるサブチャンバ内に窒素、又はドライエア等を供給するように、例えば配管88の分岐管をそのサブチャンバに接続してもよいし、あるいはそのチャンバ内には前述の不純物が除去され、温度等が制御された空気を供給するだけでもよい。前者では、更にサブチャンバと配管33とを接続して窒素を循環させるように構成してもよく、後者では特に環境チャンバ7（サブチャンバCH1、CH2）に窒素、ヘリウム、又はドライエア等が供給されているときは、レチクルローダ、又はウエハローダが配置されるサブチャンバ内の空気が流入しないように、その内部圧力よりも環境チャンバ7（又はサブチャンバCH1、CH2）内の圧力を高く設定しておくといふ。

【0082】更に、前述の実施の形態では環境チャンバ7、又はサブチャンバCH1、CH2に窒素、又はヘリウムを供給するものとしたので、その内部に設置される酸素濃度計の測定値が所定値（例えば空気中の酸素濃度と同程度）を下回っているときは、オペレータが環境チャンバ7、又はサブチャンバCH1、CH2を開放できないようにその扉がロックされるようになっている。また、電源の供給が停止されたときなどは、窒素又はヘリウムの供給が自動的に停止され、かつ配管95等とは別に環境チャンバ7、又はサブチャンバCH1、CH2に接続される排気ダクトの開閉バルブ（ノーマル・クローズ・バルブ）が開放されて、その内部の窒素又はヘリウムの濃度を下げるようになっている。更に、オペレータが環境チャンバ7、又はサブチャンバCH1、CH2を開けるときは、窒素又はヘリウムの供給が停止されると共に、その内部に酸素が供給されるように酸素ポンプが接続されている。

【0083】これにより、酸素濃度が前述の所定値に達するまでの時間を短縮することができる。ここで、前述した不活性ガス（窒素又はヘリウム等）の供給停止は、環境チャンバ7、サブチャンバ6、CH1、CH2、及びケース1の開放時、即ち露光装置（例えばF₂レーザ

光源3、照明光学系、投影光学系PL、レチクルステージ20、及びウエハステージ23等）のメンテナンス時、ウエハセット又はレチクルケースの交換時、及び露光装置への電源供給の停止時等に行われる。このとき、不活性ガスの供給停止と同時に、ケース1、サブチャンバ6、及び投影光学系PLにそれぞれ前述した化学的にクリーンなドライエアを供給するようにして、不活性ガスの供給停止に伴う光学素子表面での曇りの発生を防止することが望ましい。

【0084】なお、配管95等とは別に環境チャンバ7に接続する前述の排気ダクトは、環境チャンバ7内の酸素濃度を早急に前述の所定値以上とするために、配管95等に比べてその排気能力が大幅に大きい。また、その排気ダクトの他端はクリーンルーム（半導体工場）外、即ち大気中に開放するようにしてもよいが、大容量のタンク等に接続して不活性ガスを回収するように構成しておくことが望ましい。このタンクに回収された不活性ガスは、配管を通して前述のヘリウム回収装置に送るようにしてもよいし、あるいは再生装置でその純度を高めるようにしてもよい。

【0085】また、上記の実施の形態では、露光エネルギービームに対する透過率が高く（不活性で）、かつ熱伝導率が良好な気体としてヘリウムガスが使用されているが、そのような気体としてヘリウム以外の気体（例えばネオン（Ne）、水素（H₂）、又はヘリウムと窒素との混合気体等）を使用する場合にも本発明が適用できる。また、例えば波長が190nm程度以上である露光光を用いる露光装置では、投影光学系PL等に供給する気体として窒素（特に純度の高いもの）も使用することができるが、この場合にも本発明を適用してもよい。

【0086】また、上記の実施の形態では、F₂レーザを露光用光源として用いたが、例えばKrFエキシマレーザ（波長248nm）、ArFエキシマレーザ（波長193nm）、Kr₂レーザ（波長147nm）、又はAr₂レーザ（波長126nm）等を用いてもよく、これらの光源を備えた露光装置に対しても本発明を適用することができる。但し、例えばKrFエキシマレーザを用いる露光装置では、投影光学系内の空気を窒素、又はヘリウム等に置換する必要はなく、KrFエキシマレーザ光源、及び照明光学系内の空気を窒素等に置換するだけでよい。また、環境チャンバ7に供給する気体は窒素等である必要はなく、前述の不純物が除去された空気をを用いることができる。このように光源と照明光学系とに、あるいは照明光学系のみ窒素等を供給する露光装置であっても本発明を適用することができる。なお、この種の露光装置では窒素の代わりに、前述した化学的にクリーンなドライエアを用いることもできるが、このドライエアを用いる露光装置にしても本発明を適用することができる。

【0087】更に、エキシマレーザの代わりに、露光光

として例えば波長248nm、193nm、157nmの何れか、又はこれらの近傍に発振スペクトルを持つYAGレーザ等の固体レーザの高調波を用いる場合にも本発明が適用される。また、露光光として、例えばDFB半導体レーザ又はファイバーレーザから発振される赤外域、又は可視域の単一波長レーザを、例えばエルビウム(Er)(又はエルビウムとイッテルビウム(Yb)との両方)がドープされたファイバーアンプで増幅し、非線形光学結晶を用いて紫外光に波長変換した高調波を用いる場合にも本発明が適用される。

【0088】具体的には、単一波長レーザの発振波長を1.51~1.59 μ mの範囲内とすると、発生波長が189~199nmの範囲内である8倍高調波、又は発生波長が151~159nmの範囲内である10倍高調波が出力される。特に発振波長を1.544~1.553 μ mの範囲内とすると、193~194nmの範囲内の8倍高調波、即ちArFエキシマレーザとほぼ同一波長となる紫外光が得られ、発振波長を1.57~1.58 μ mの範囲内とすると、157~158nmの範囲内の10倍高調波、即ちF₂レーザとほぼ同一波長となる紫外光が得られる。

【0089】また、発振波長を1.03~1.12 μ mの範囲内とすると発生波長が147~160nmの範囲内である7倍高調波が出力され、特に発振波長を1.099~1.106 μ mの範囲内とすると、発生波長が157~158nmの範囲内の7倍高調波、即ちF₂レーザとほぼ同一波長となる紫外光が得られる。なお、単一波長発振レーザとしてはイッテルビウム・ドープ・ファイバーレーザ等を用いることができる。

【0090】更に、本発明を適用する露光装置は、一括露光型(例えばステップ・アンド・リピート方式)、又は走査露光型(例えばステップ・アンド・スキャン方式)の何れであってもよい。また、ミラープロジェクション方式、又はプロキシミティ方式の露光装置に対しても本発明を適用することができる。なお、投影光学系が使用される場合、その光学系は屈折系、反射系、又は反射屈折系の何れであってもよいし、更には縮小系、等倍系、又は拡大系の何れであってもよい。

【0091】なお、前述の第1及び第2の実施の形態ではオブティカル・インテグレータ(ホモジナイザー)としてフライアイレンズ11を用いるものとしたが、フライアイレンズ11の代わりにロッドインテグレータを用いてもよいし、あるいはフライアイレンズとロッドインテグレータとを組み合わせ用いるようにしてもよい。更に、半導体素子、液晶表示素子(ディスプレイ装置)、薄膜磁気ヘッド、及び撮像素子(CCD)等のマイクロデバイスの製造に用いられる露光装置だけでなく、レチクル、又はマスクを製造するために、ガラス基板、又はシリコンウエハ等に回路パターンを転写する露光装置にも本発明を適用できる。ここで、DUV(遠紫

外)光やVUV(真空紫外)光等を用いる露光装置では一般的に透過型レチクルが用いられ、レチクル基板としては石英ガラス、フッ素がドープされた石英ガラス、蛍石、フッ化マグネシウム、又は水晶等が用いられる。また、EUV光(極端紫外光)を露光エネルギービームとする露光装置では反射型マスクが用いられ、プロキシミティ方式のX線露光装置、又は電子線露光装置等では透過型マスク(ステンシルマスク、メンブレンマスク)が用いられ、マスク基板としてはシリコンウエハ等が用いられる。

【0092】ところで、複数の光学素子から構成される照明光学系、及び投影光学系を露光装置本体に組み込んで光学調整を行うと共に、多数の機械部品からなるレチクルステージやウエハステージを露光装置本体に取り付けて配線や配管を接続すると共に、ケース1、照明光学系(サブチャンバ6)、投影光学系PL、及び環境チャンバ7をそれぞれヘリウム循環装置や窒素循環装置等と接続し、更に、総合調整(電気調整、動作確認等)をすることにより上記実施の形態の露光装置を製造することができる。なお、露光装置の製造は温度及びクリーン度等が管理されたクリーンルームで行うことが望ましい。

【0093】また、半導体デバイスは、デバイスの機能・性能設計を行うステップ、この設計ステップに基づいたレチクルを製作するステップ、シリコン材料からウエハを制作するステップ、前述の実施の形態の露光装置によりレチクルのパターンをウエハに露光するステップ、デバイス組み立てステップ(ダイシング工程、ボンディング工程、パッケージ工程を含む)、検査ステップ等を経て製造される。

【0094】なお、本発明は上述の実施の形態に限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の構成を取り得ることは勿論である。

【0095】

【発明の効果】本発明の露光装置及びデバイス製造装置によれば、露光エネルギービーム(露光光)に対する透過率が高く熱伝導率の良好な気体の少なくとも一部を回収しているため、露光エネルギービームの利用効率を高め、かつ露光装置の光学部材等の冷却効率を高めた上で、その気体の使用量を抑制できる利点がある。即ち、その気体を或る程度までリサイクルできて、露光装置の運転コストを低減できる。

【0096】また、その気体がヘリウムである場合には、ヘリウムは透過率が高く熱伝導率が高い上に安全であるため、特に露光エネルギービームの利用効率を高めて冷却効率も高められる。一方、ヘリウムは存在度が低く高価であるため、本発明による運転コストの低減効果は特に大きい。また、気体回収装置は、複数の露光装置で共用される場合には、回収コストを更に低減できる。

【0097】また、気体回収装置で回収された気体を気体供給装置の少なくとも一部を介して露光エネルギービ

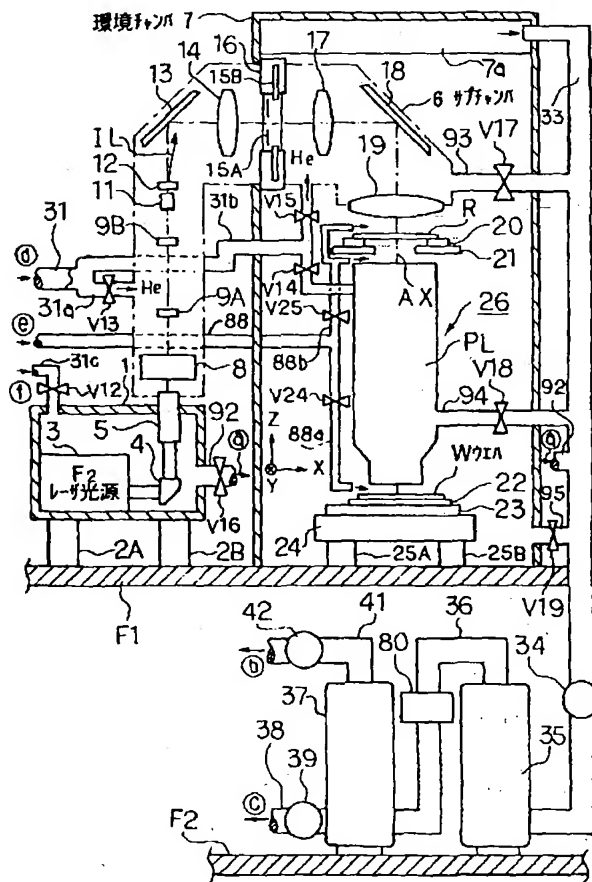
ームの光路上に再循環させる場合には、補充用の気体の量を減らすことができる。また、気体供給装置は、気体回収装置から供給される気体の濃度を計測する濃度計と、その気体が封入された気体源と、その濃度計の計測結果に応じてその気体源からの気体をその気体回収装置から供給される気体に補充する制御部と、を有する場合には、露光エネルギービームの光路上に所定の純度（濃度）以上のその気体を常に供給できる利点がある。また、その気体を高圧に圧縮して、又は液化して保存するときは、狭い空間にその気体を大量に保存できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1の実施の形態の投影露光装置、ヘリウム循環装置の一部、及び窒素循環装置の一部を示す一部を切り欠いた概略構成図である。

【図2】 その実施の形態のヘリウム循環装置及び窒素循環装置の主要部を示す一部を切り欠いた概略構成図である。

【図1】



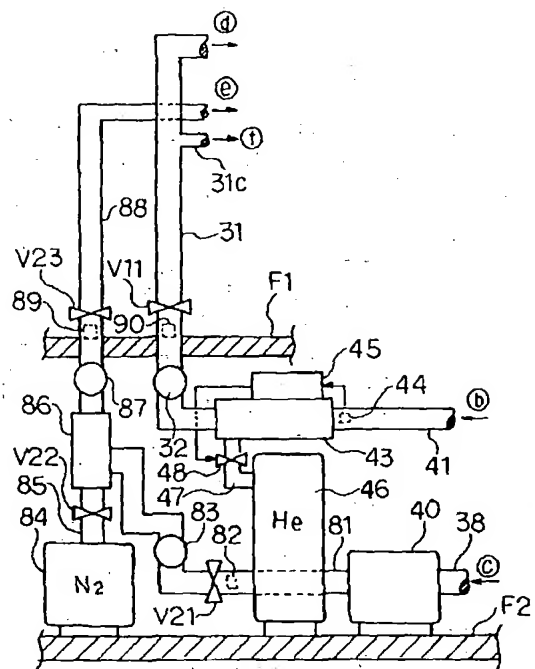
【図3】 本発明の第2の実施の形態の複数台の投影露光装置、及び1台のヘリウム回収装置を示す一部を断面図とした概略構成図である。

【図4】 本発明の第1の実施の形態の投影露光装置の変形例を示す一部を断面図とした概略構成図である。

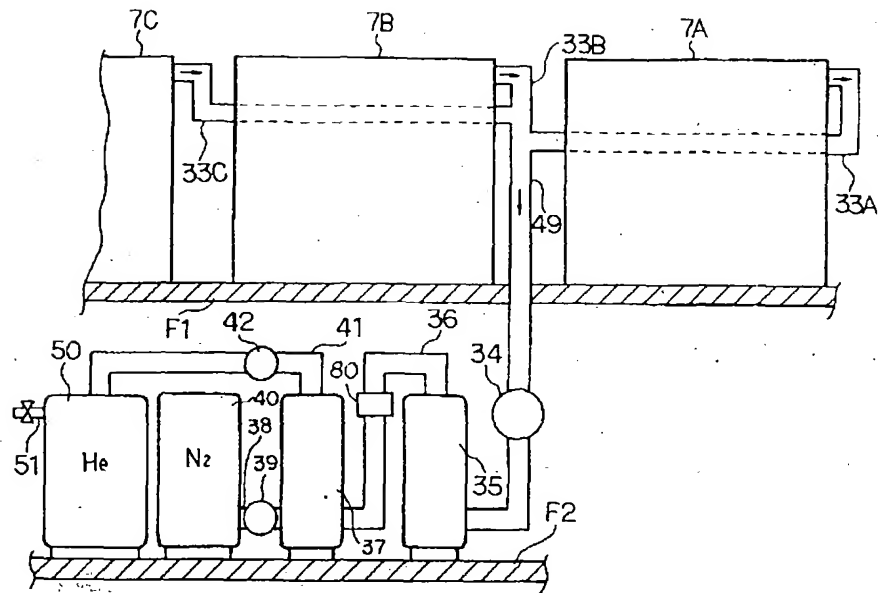
【符号の説明】

F1、F2…床、3…F₁ レーザ光源、6…サブチャンバ、7…環境チャンバ、R…レチクル、PL…投影光学系、W…ウエハ、20…レチクルステージ、23…ウエハステージ、26…露光本体部、31、33…配管、35…集塵排水装置、37…冷凍装置、40…主に窒素用のポンプ、43…混合温調装置、44…ヘリウムの濃度計、45…制御系、46…高純度のヘリウムのポンプ、48…開閉バルブ、50…回収されたヘリウム用のポンプ、84…窒素ポンプ、86…温調装置、89…不純物濃度計

【図2】



【図3】



【図4】

